



III. Atmosfera

1. Temperatura powietrza

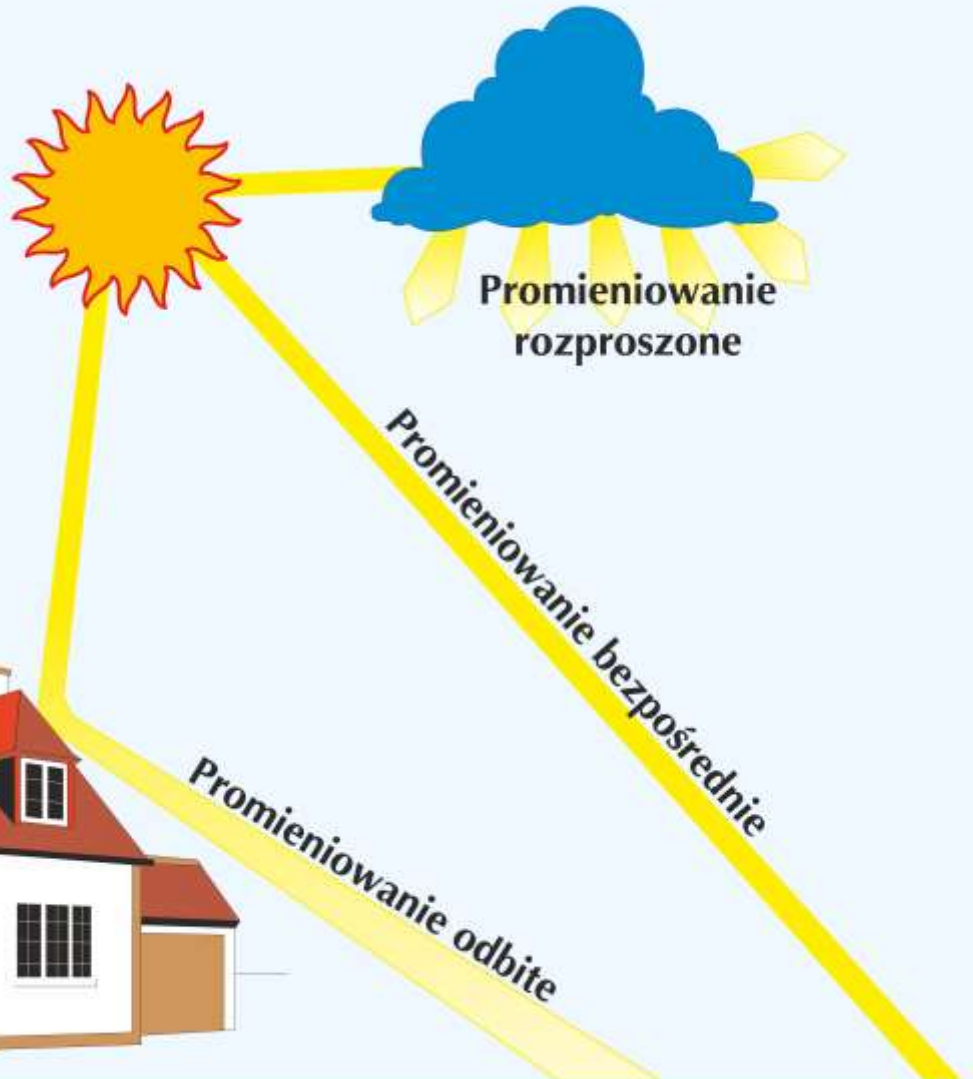
Promieniowanie Ziemi i atmosfery

- **Głównym źródłem energii dla powierzchni Ziemi**, a za jej pośrednictwem również dla atmosfery, jest **Słońce**.
 - Energia innych gwiazd oraz ciepło płynące z wnętrza Ziemi mają znaczenie marginalne.
- Natężenie promieniowania słonecznego na górnej granicy atmosfery zmienia się nieznacznie w ciągu roku, wraz ze zmianami oddalenia Ziemi od Słońca;
 - dlatego określa się je mianem stałej słonecznej.
- W 99% jest to **promieniowanie krótkofalowe** (o dł. fali 0,1-4,0 nm),
 - w pozostałej części – promieniowanie elektromagnetyczne o innych długościach fal oraz promieniowanie korpuskularne (promieniowanie jądrowe, alfa, beta).



A. Promieniowanie całkowite

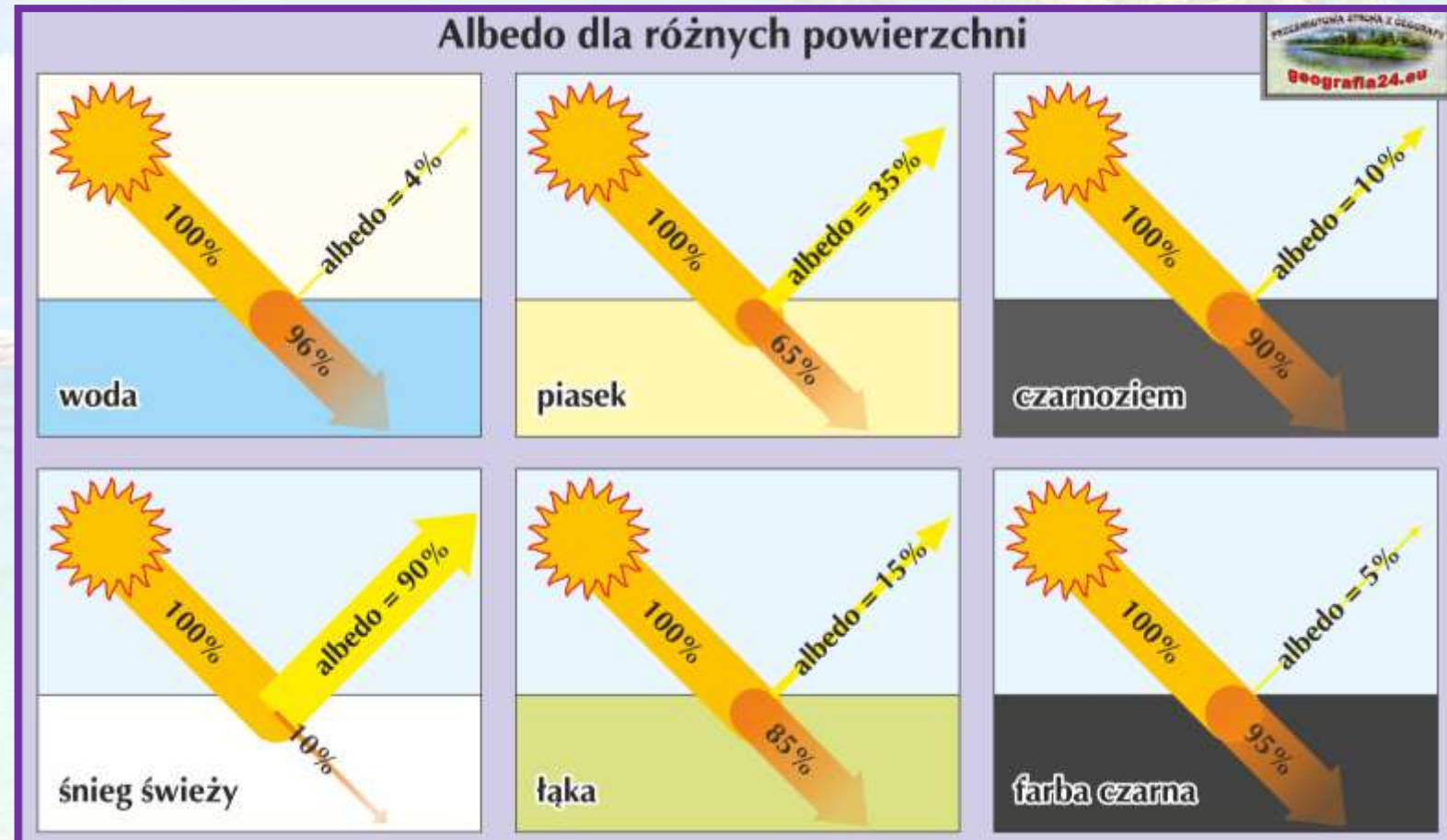
→ **Promieniowanie całkowite** dochodzące do powierzchni Ziemi (czyli suma **promieniowania bezpośredniego** i **rozproszonego**) jest przez nią pochłaniane i odbijane.



A. Promieniowanie całkowite

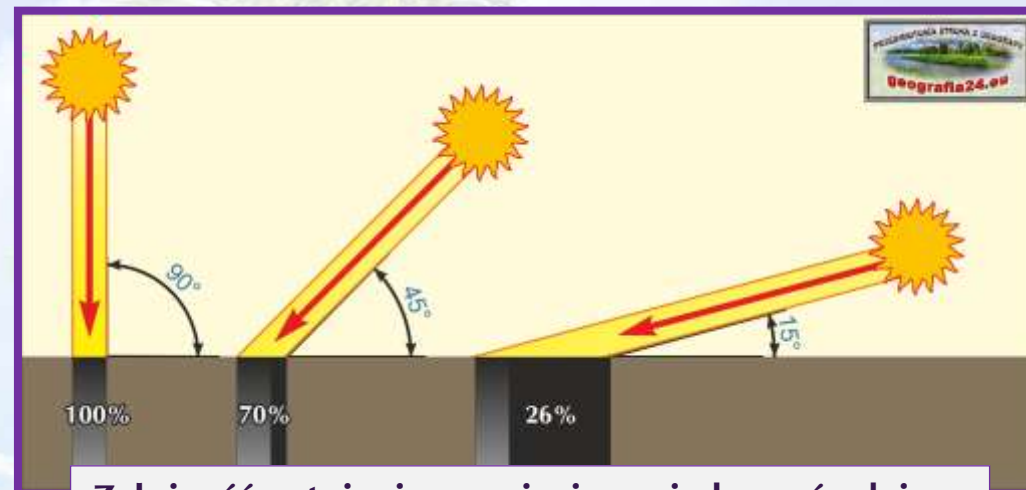
Rodzaj powierzchni	Albedo (w %)
śnieg świeży	90
lód lodowcowy	30
piasek	35
granit	30
wapień	45
gleba	10-30
łąka	15
pole uprawne	15-25
las liściasty	15
las iglasty	10
bagno	10
asfalt	5-20
farba biała	90
farba czarna	5

- Każdy rodzaj podłoża w odmiennym stopniu absorbuje i odbija promieniowanie słoneczne, czyli ma charakterystyczne dla siebie **albedo**.
- **albedo** (łac. *albedo* – biel) stosunek natężenia promieniowania słonecznego **odbitego** od danej powierzchni i **dochodzącego** do niej.
- Zależy od rodzaju i barwy powierzchni oraz od kąta padania i długości fali promieniowania słonecznego.

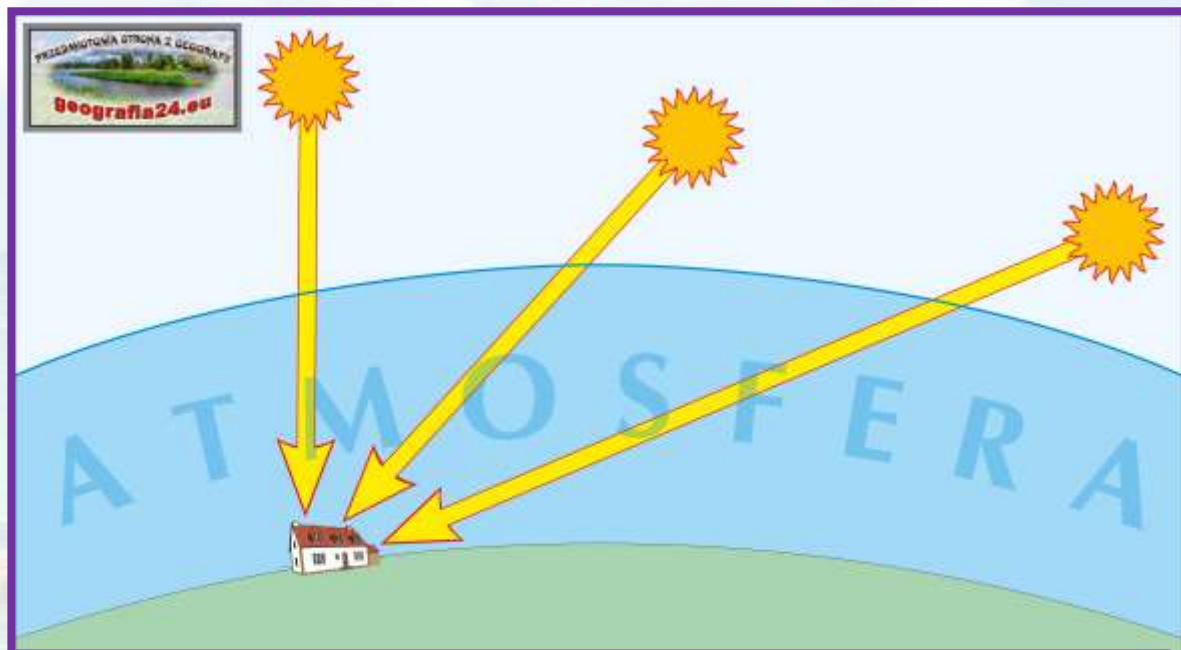


Promieniowanie bezpośrednie

- Do powierzchni Ziemi przenika bezpośrednio 53% ogólnej ilości promieniowania słonecznego dochodzącego do górnej granicy atmosfery (**promieniowanie bezpośrednie**).
- Reszta jest pochłaniana przez atmosferę, odbijana od zewnętrznej strony chmur i od cząsteczek powietrza, bądź też rozprasza się i dociera do powierzchni Ziemi z opóźnieniem.
- Natężenie promieniowania bezpośredniego zależy głównie od pory roku, a zatem od kąta padania promieni słonecznych.



Zależność natężenia promieniowania bezpośredniego od kąta padania promieni słonecznych



Droga promieni słonecznych w atmosferze w ciągu dnia. Im niżej znajduje się Słońce nad horyzontem, tym długość drogi promieni słonecznych w atmosferze jest większa

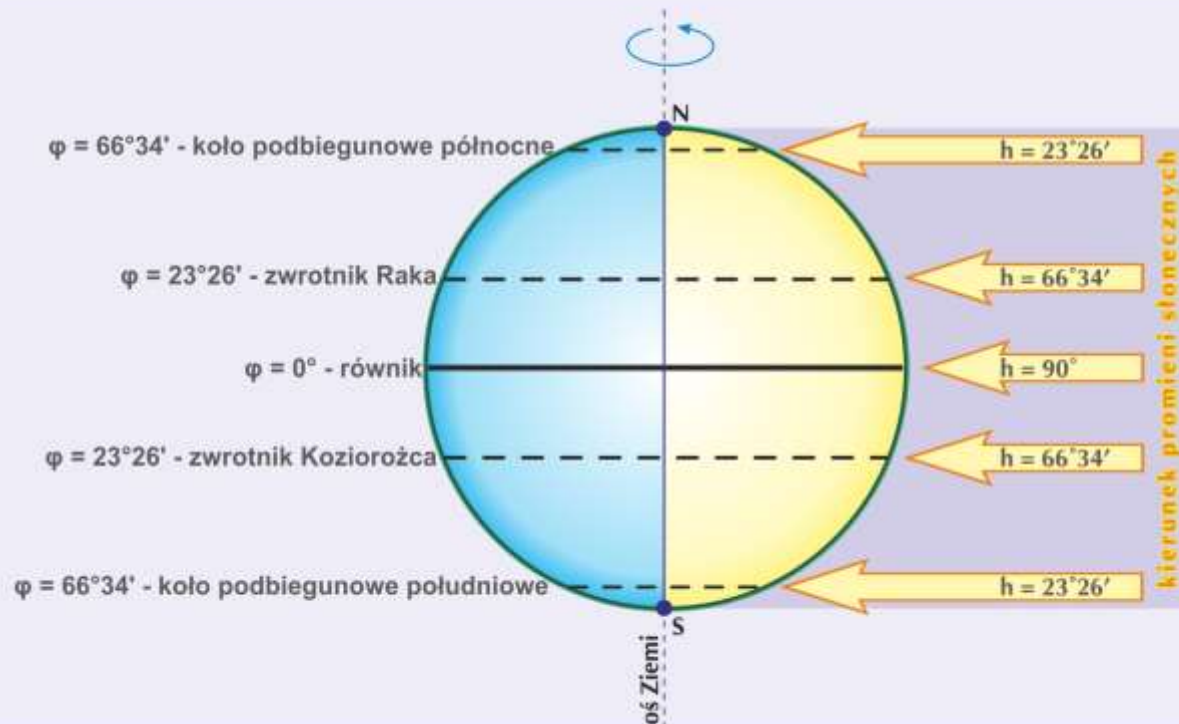


Promieniowanie bezpośrednie – wpływ kąta padania promieni słonecznych

- Ziemia znajduje się przez cały czas w wiązce równoległe biegnących promieni słonecznych.
- W związku z tym, że jej powierzchnia ma kształt sferyczny, padają one pod różnymi kątami w poszczególnych szerokościach geograficznych, coraz mniejszymi w miarę zbliżania się do biegunów.
- Dlatego też obszary okołorównikowe są bardzo gorące,
 - natomiast okołobiegunowe bardzo zimne.
- Różnice temperatury między nimi łagodzi w pewnym stopniu “ruch” Słońca w strefie międzyzwrotnikowej, w którego konsekwencji zmieniają się kąty padania promieni słonecznych w ciągu roku.

Wysokość górowania słońca w dniach równonocy

21 marca i 23 września



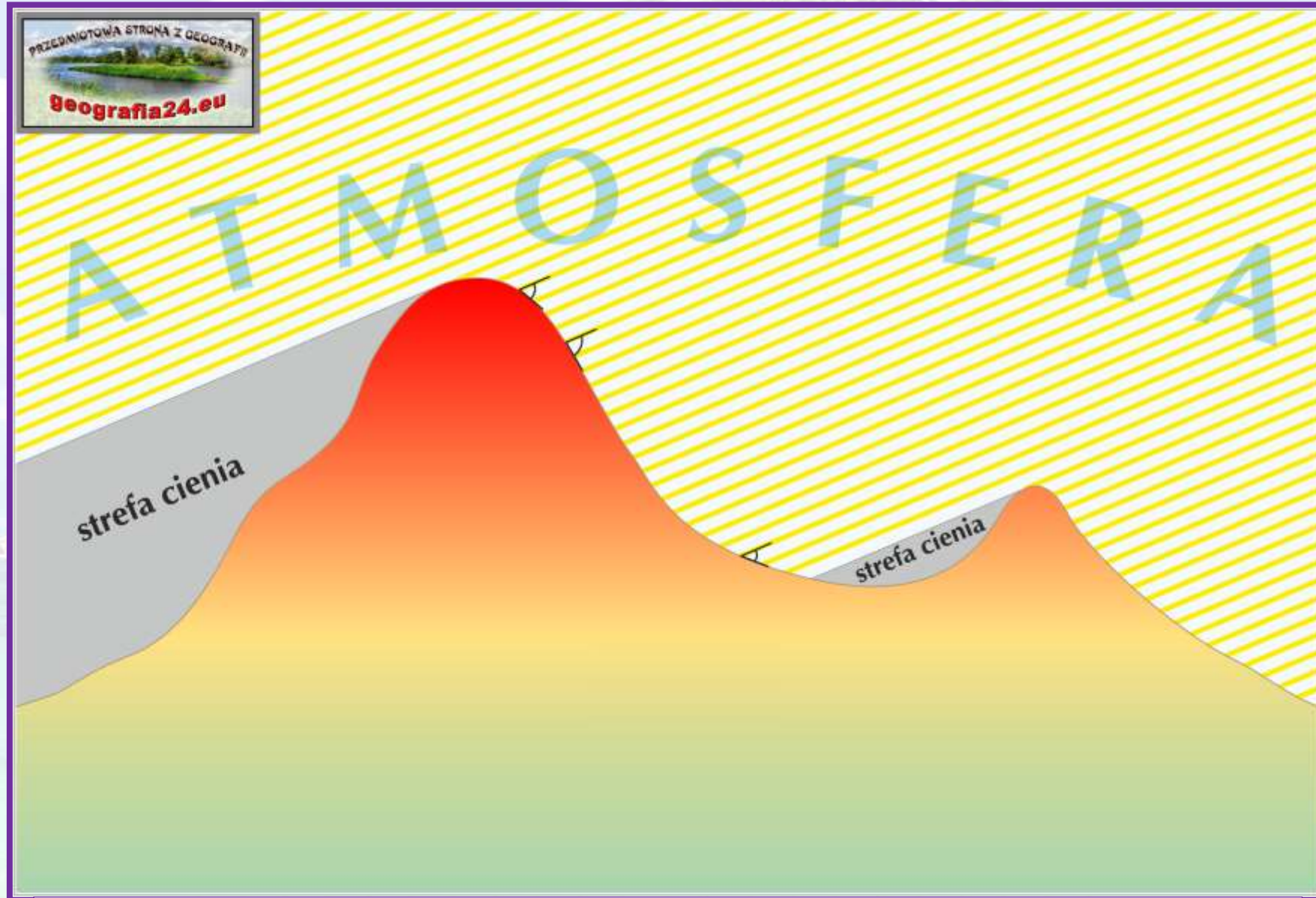
wzór wysokości górowania Słońca dla dowolnych szerokości geograficznych

$$h = 90^\circ - \varphi$$



Promieniowanie bezpośrednie – wpływ ekspozycji stoków

- Na lądach kąt padania promieni słonecznych jest uzależniony od nachylenia i ekspozycji stoków.
- **W wyniku ruchu obrotowego Ziemi** zmienia się również **kąt padania promieni słonecznych w ciągu dnia** (mierzony w płaszczyźnie dziennego ruchu Słońca) oraz długość ich drogi w atmosferze.
- **W rezultacie:**
 - **najwięcej energii słonecznej** doływa do powierzchni Ziemi w południe słoneczne,
 - **najmniej rano i wieczorem** – szczególnie w miejscach położonych w **strefie cienia** (wzniesienia uniemożliwiają bezpośrednie dotarcie w dane miejsce).



Zróźnicowanie kąta padania promieni słonecznych w zależności od nachylenia i ekspozycji stoków

Promieniowanie rozproszone

- Z ogólnej ilości promieniowania słonecznego dochodzącego do górnej granicy atmosfery część rozprasza się w atmosferze.
- Z czasem jednak większość dociera do powierzchni Ziemi w postaci **promieniowania rozproszonego**, czyli takiego, którego pierwotny kierunek został zmieniony.



W czasie dużego zachmurzenia nieba promieniowanie dociera głównie jako promieniowanie rozproszone

Promieniowanie rozproszone

- Największe natężenie osiąga ono w południe słoneczne.
- W dni pochmurne do powierzchni Ziemi dociera wyłącznie promieniowanie rozproszone.
 - Wtedy też, a także przed wschodem i po zachodzie Słońca (czyli o świcie i o zmierzchu), to promieniowanie daje światło.



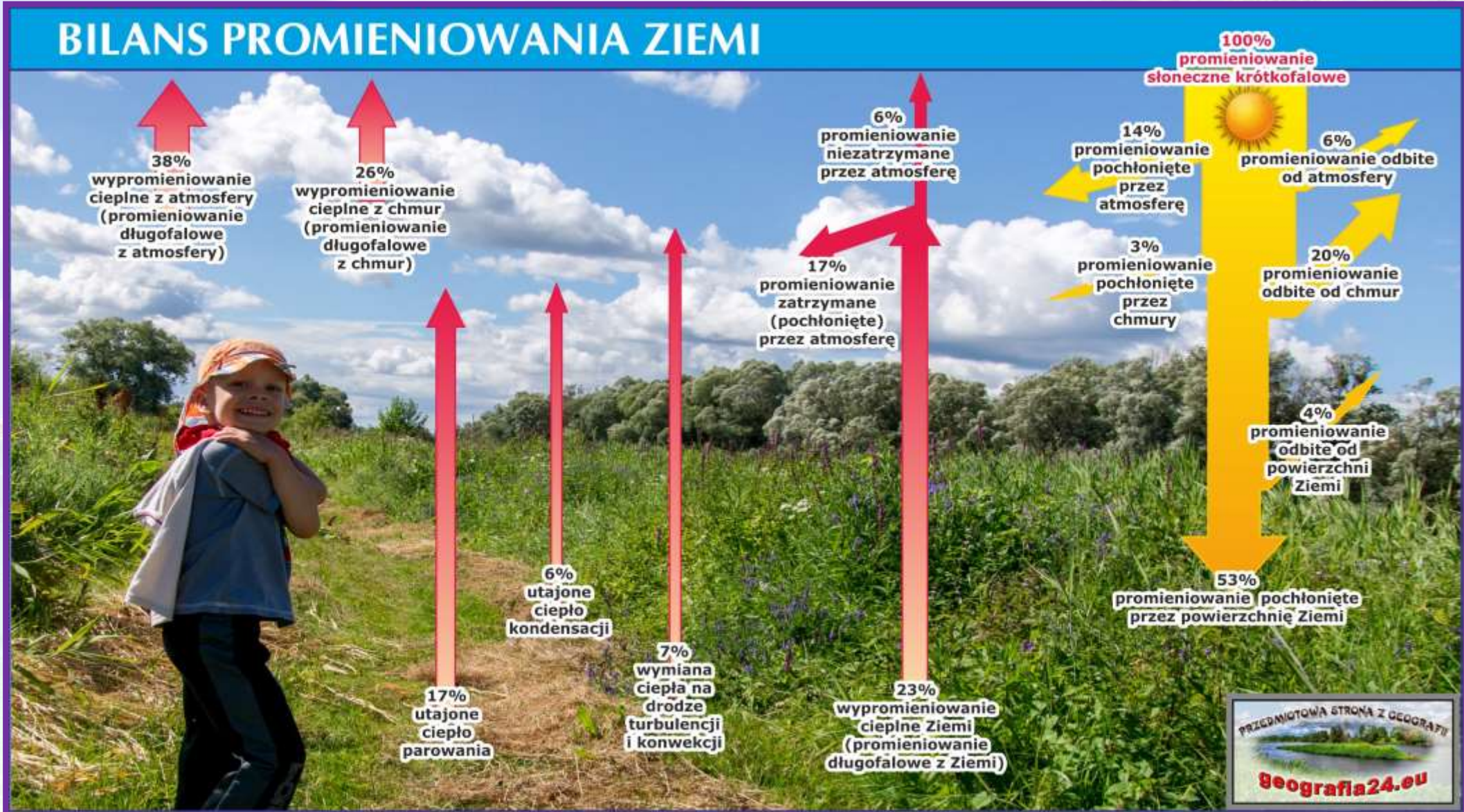
Droga promieni słonecznych przez atmosferę jest najdłuższa w czasie wschodu lub zachodu Słońca



Zmierzch (promieniowanie rozproszone sprawia, że pomimo, iż Słońce jest poniżej horyzontu to jest "jasno")

Bilans promieniowania Ziemi

→ Ziemia znajduje się w stanie równowagi – dopływ promieniowania krótkofalowego (od Słońca – omówionego we wcześniejszej części prezentacji) jest równoważony przez emisję promieniowania długofalowego (od Ziemi).



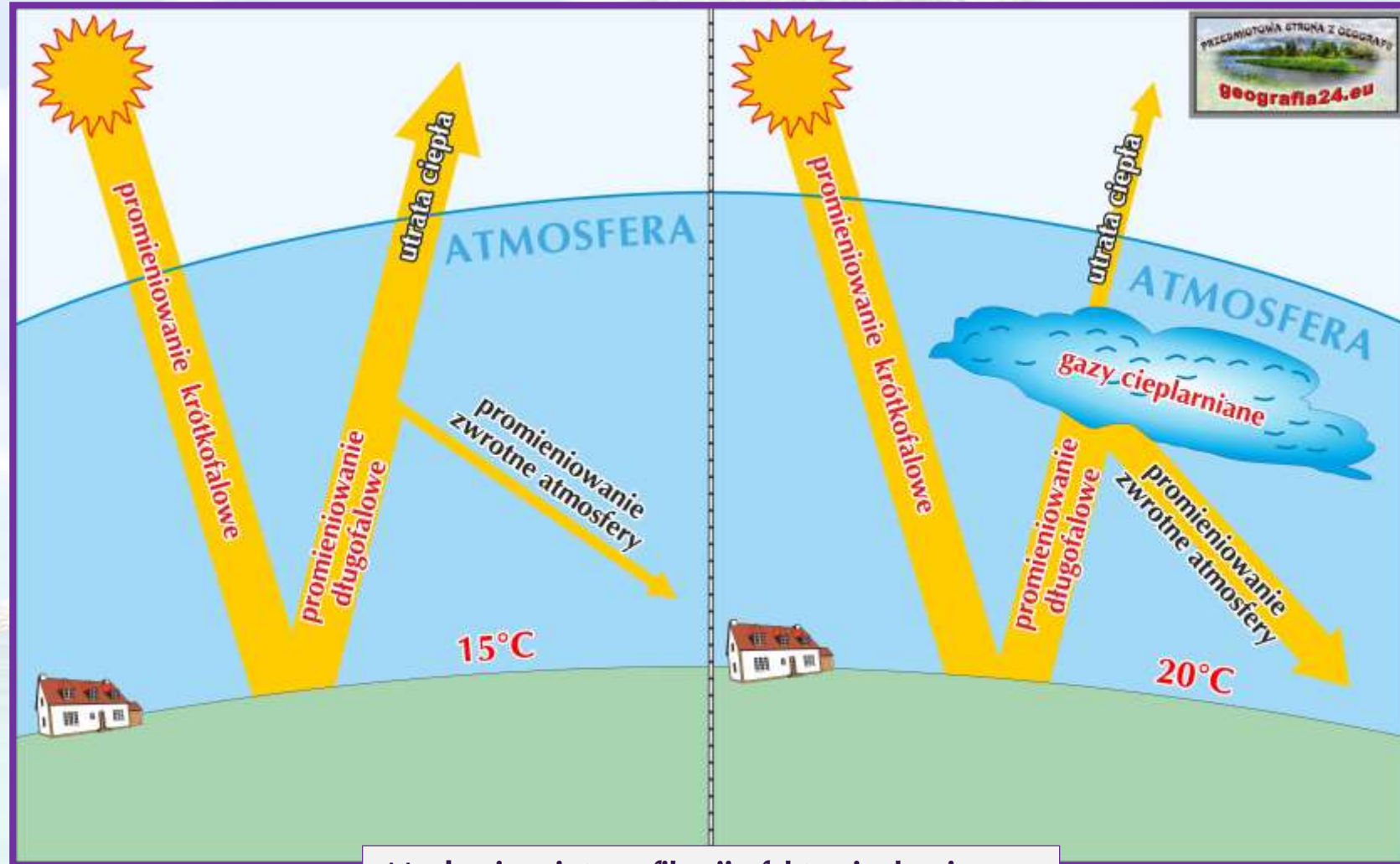
B. Promieniowanie długofalowe

- Powierzchnia Ziemi nagrzana w wyniku pochłaniania krótkofalowego promieniowania słonecznego staje się źródłem **promieniowania długofalowego (ciepła)**.
- To promieniowanie, emitowane przez całą dobę, jest pochłaniane przez atmosferę, a zwłaszcza przez znajdującą się w niej wodę w różnych stanach skupienia oraz przez dwutlenek węgla.
- Dolne warstwy atmosfery, zawierające zwykle znaczne ilości tych substancji, są więc w stanie dość długo utrzymywać ciepło.
- Ma to duże znaczenie dla podtrzymywania temperatury w okresach, kiedy promieniowanie słoneczne staje się mniej intensywne lub przestaje doptywać, a więc w chłodnym półroczu oraz w nocy.



Promieniowanie długofalowe – promieniowanie zwrotne

- Ciepło oddawane troposferze przez powierzchnię Ziemi w większości wraca jako **promieniowanie zwrotne** atmosfery.
- Reszta tego ciepła uchodzi do górnych warstw atmosfery i w końcu w przestrzeń międzyplanetarną.
- Natężenie promieniowania zwrotnego zależy nie tylko od ilości ciepła emitowanego przez powierzchnię Ziemi, ale również od zawartości w powietrzu **pary wodnej, dwutlenku węgla oraz różnych zanieczyszczeń**.
- Przy dużym stężeniu tych substancji promieniowanie zwrotne atmosfery nasila się i wpływa na znaczne podwyższenie temperatury przy powierzchni Ziemi – nasilenie **efektu cieplarnianego**.



Mechanizm intensyfikacji efektu cieplarnianego

Czynniki kształtujące temperaturę powietrza

→ **Najwyższe wartości temperatur** powietrza na naszej planecie zanotowano:

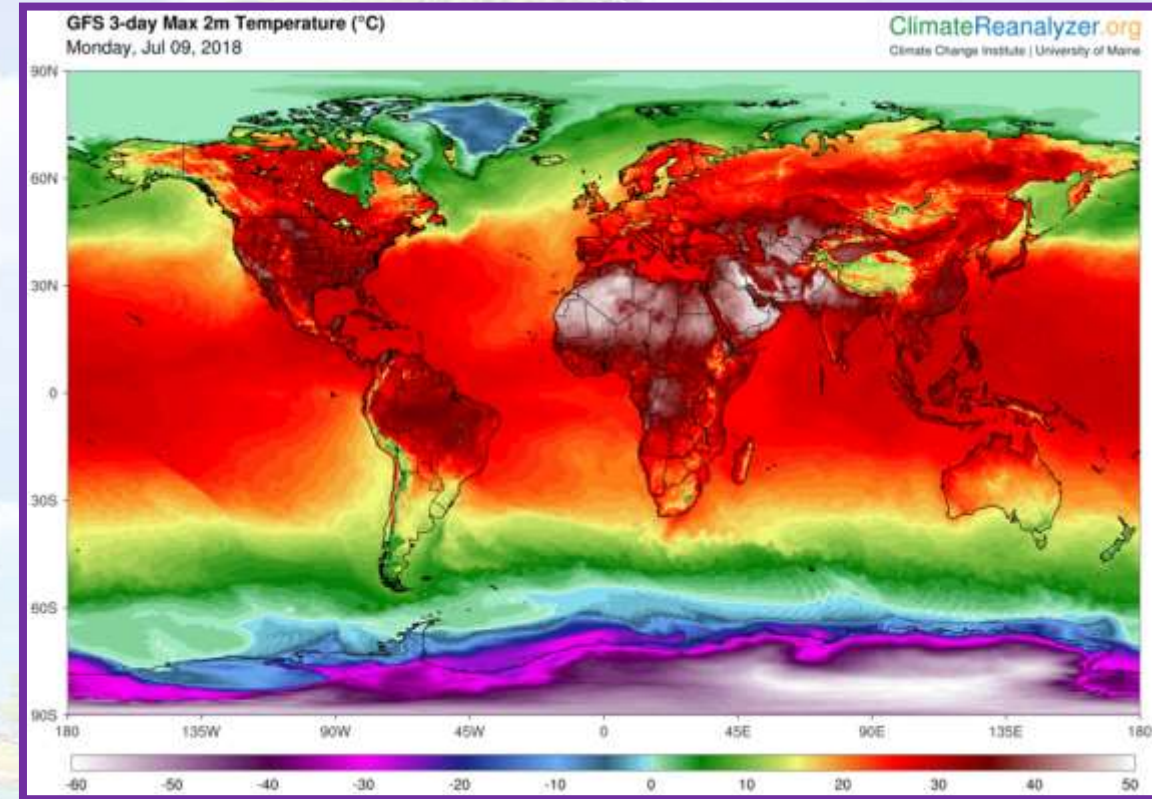
- na pustyni Lut w Iranie (temperatura przygruntowa $+70,7^{\circ}\text{C}$; wg pomiarów satelitarnych – przy poziomie gruntu),
- w Al-Azizijja w Libii ($+57,8^{\circ}\text{C}$; wg niektórych nie uznawana, była ona prawdopodobnie o kilka $^{\circ}\text{C}$ niższa),
- w Furnace Creek w kalifornijskiej Dolinie Śmierci w USA ($+56,7^{\circ}\text{C}$; najczęściej uznawany rekord).

→ **Najniższą wartość temperatury** powietrza natomiast:

- na stacji badawczej Wostok na Antarktydzie ($-89,2^{\circ}\text{C}$).

→ **Rozkład temperatury na Ziemi** zależy od:

- szerokości geograficznej,
- rozmieszczenia lądów i oceanów,
- prądów morskich,
- wysokości nad poziomem morza,
- rzeźby terenu,
- rodzaju i charakteru podłoża,
- zachmurzenia.



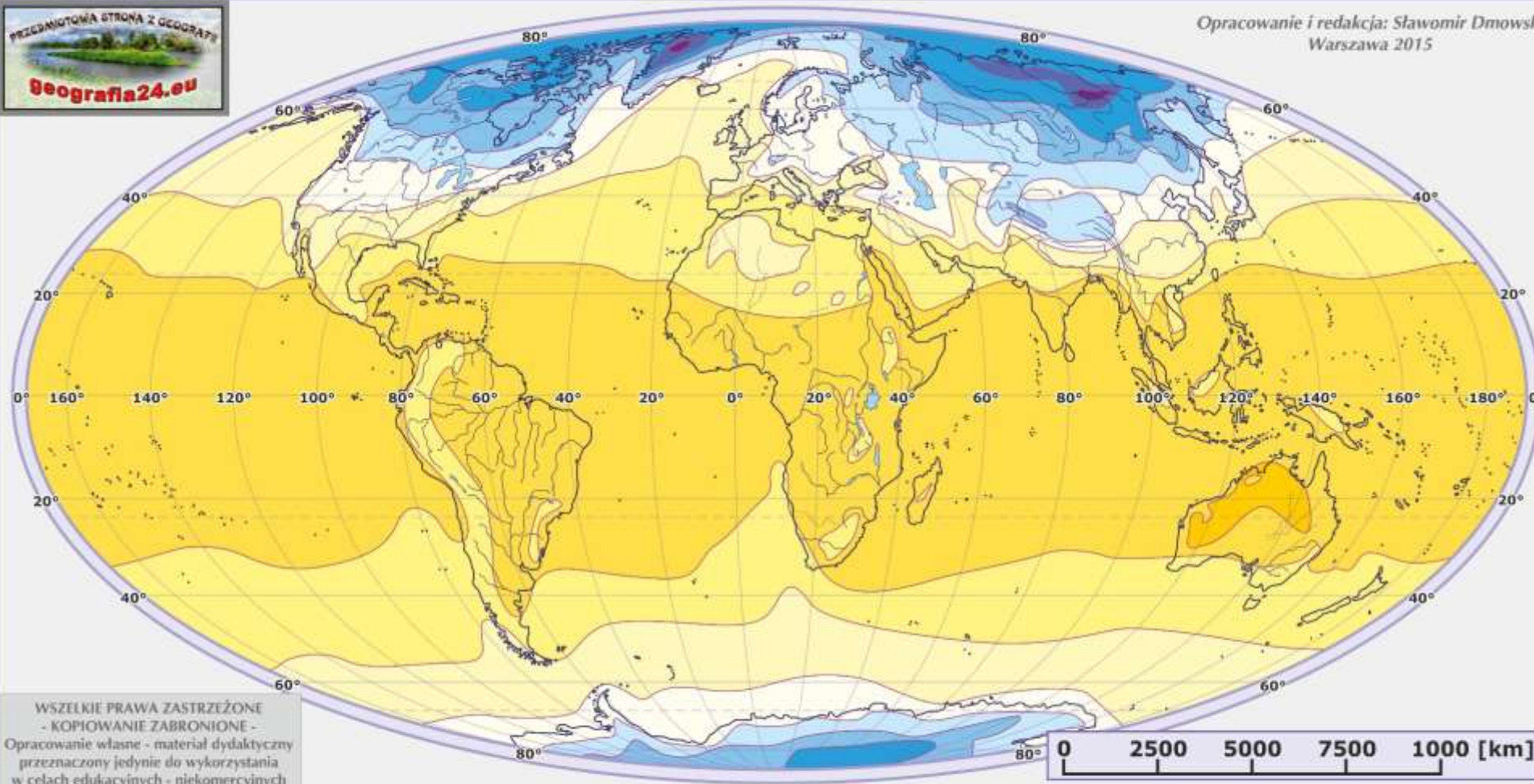
Wpływ szerokości geograficznej na temperaturę powietrza

→ W związku z kulistym kształtem naszej planety dopływ promieniowania słonecznego nie jest taki sam wszędzie.

Średnia temperatura powietrza na poziomie rzeczywistym w styczniu



Opracowanie i redakcja: Sławomir Dmowski
Warszawa 2015



WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE
- KOPIOWANIE ZABRONIONE -
Opracowanie własne - materiał dydaktyczny
przeznaczony jedynie do wykorzystania
w celach edukacyjnych - niekomercyjnych



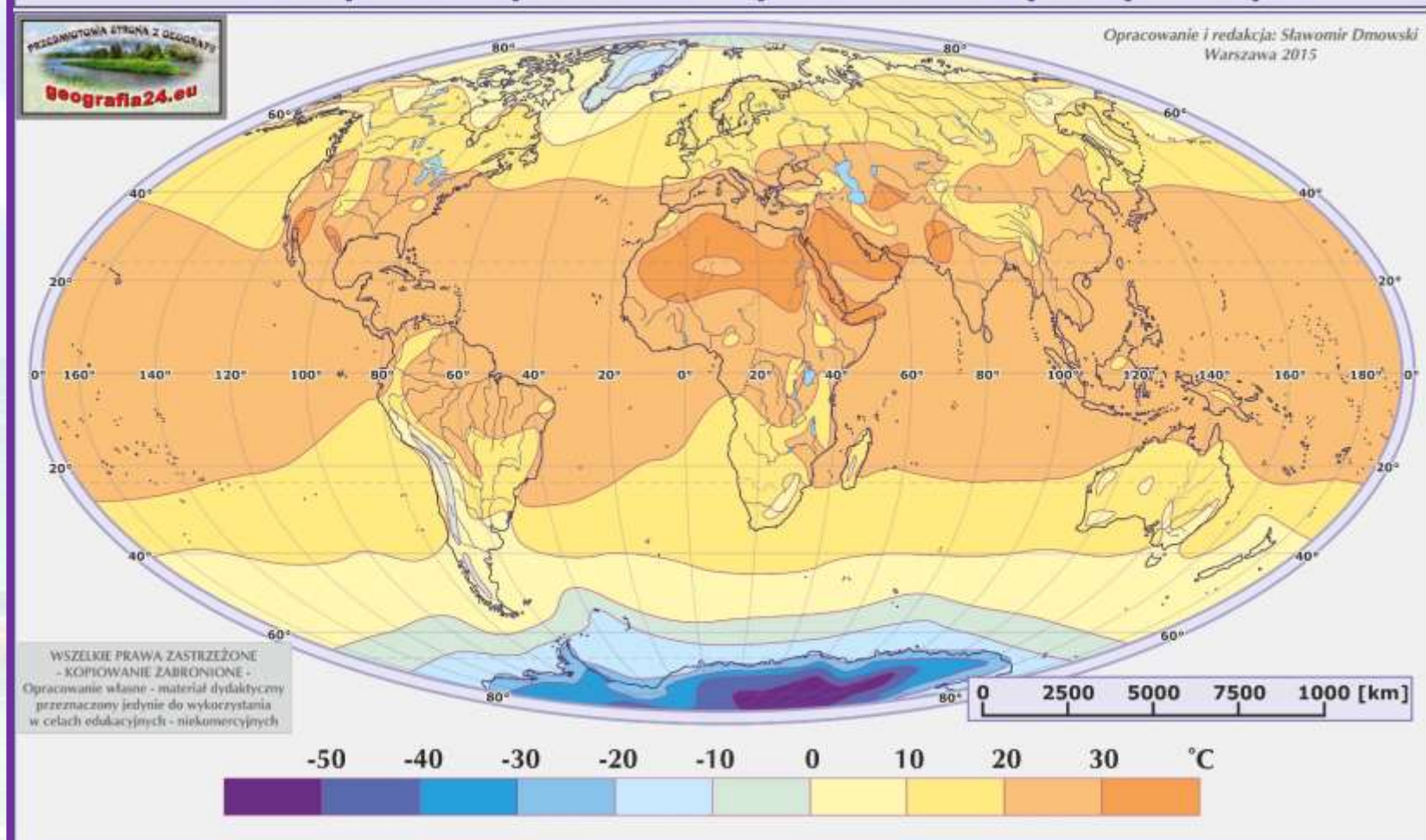
Wpływ szerokości geograficznej na temperaturę powietrza

→ Ze wzrostem szerokości geograficznej maleje dopływ energii słonecznej:

→ im bliżej ku biegunom tym temperatura się obniża – średnio o 10°C co każde 20° szerokości geograficznej;

→ wyjątek stanowi jedynie strefa okołorównikowa, w której znacząca utrata ciepła związana z intensywnym parowaniem obniża nieco temperaturę.

Średnia temperatura powietrza na poziomie rzeczywistym w lipcu



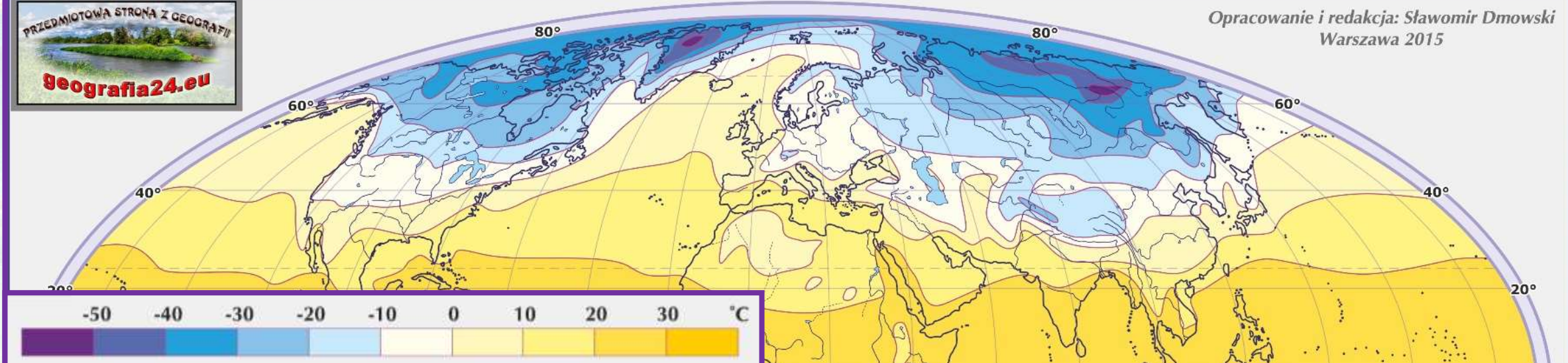
Wpływ rozmieszczenia lądów i oceanów na temperaturę powietrza

- **Rozmieszczenie lądów i oceanów** znacząco modyfikuje temperatury na Ziemi w związku z istnieniem odmiennie wpływających powierzchni:
 - **nad terenami morskimi** – woda nagrzewa się wolniej i również wolniej oddaje ciepło,
 - latem nad oceanami panują niższe, zaś zimą wyższe temperatury,
 - generalnie nad obszarami znajdującymi się w pobliżu dużych zbiorników wodnych (najlepiej otoczonych nimi) panują bardziej wyrównane temperatury – klimat jest łagodny (panuje **odmiana klimatu morska**);
 - **na terenach lądowych** jest odwrotnie – lądy nagrzewają się szybciej (szybko oddają ciepło),
 - latem nad lądami panują wyższe, zaś zimą niższe temperatury,
 - na obszarach położonych z dala od wielkich zbiorników wodnych, w głębi kontynentu, konsekwencją są większe amplitudy temperatur i klimat bardziej surowy (panuje **odmiana klimatu kontynentalnego**).

Średnia temperatura powietrza na poziomie rzeczywistym w styczniu



Opracowanie i redakcja: Sławomir Dmowski
Warszawa 2015

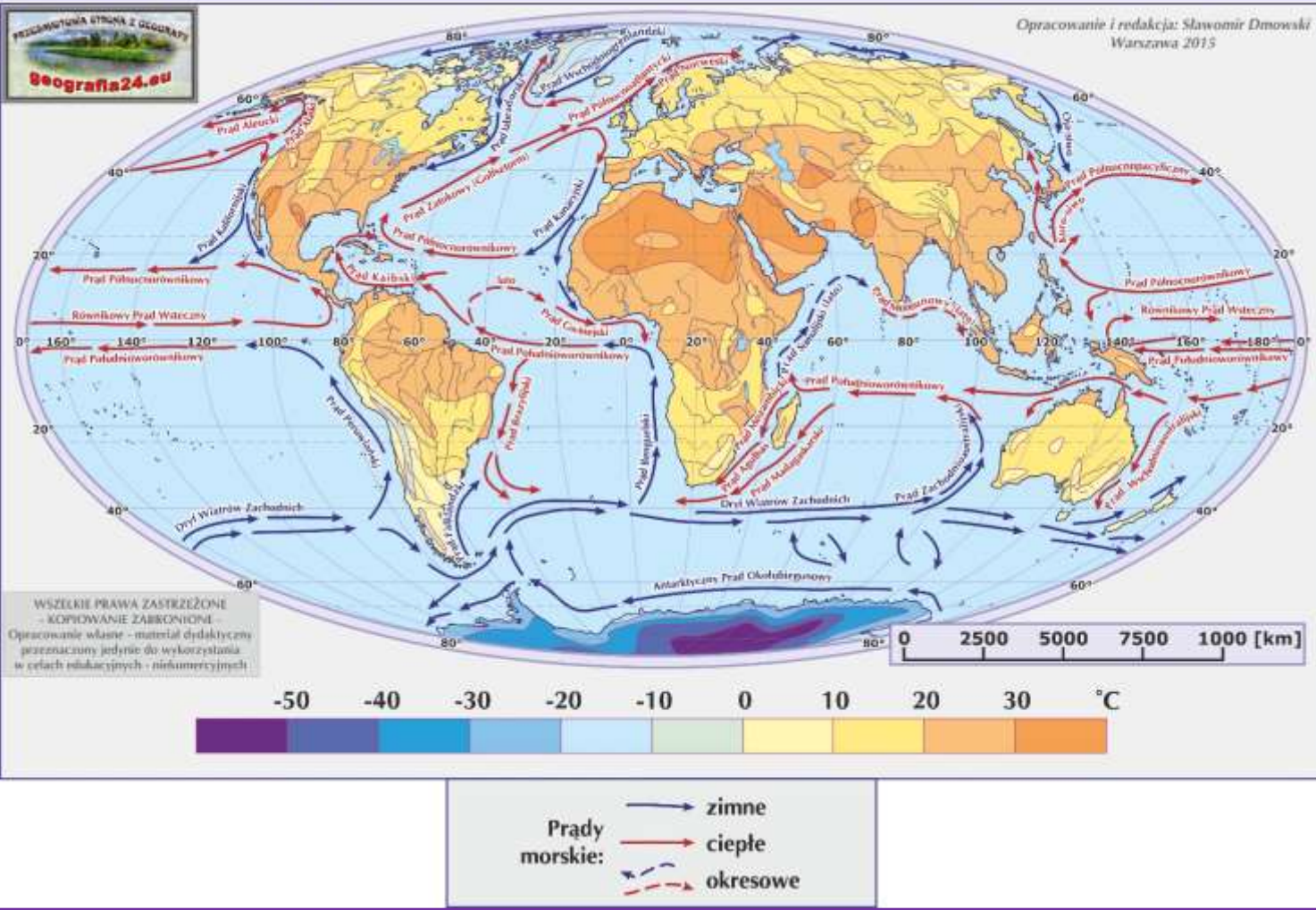


Wpływ prądów morskich na temperaturę powietrza

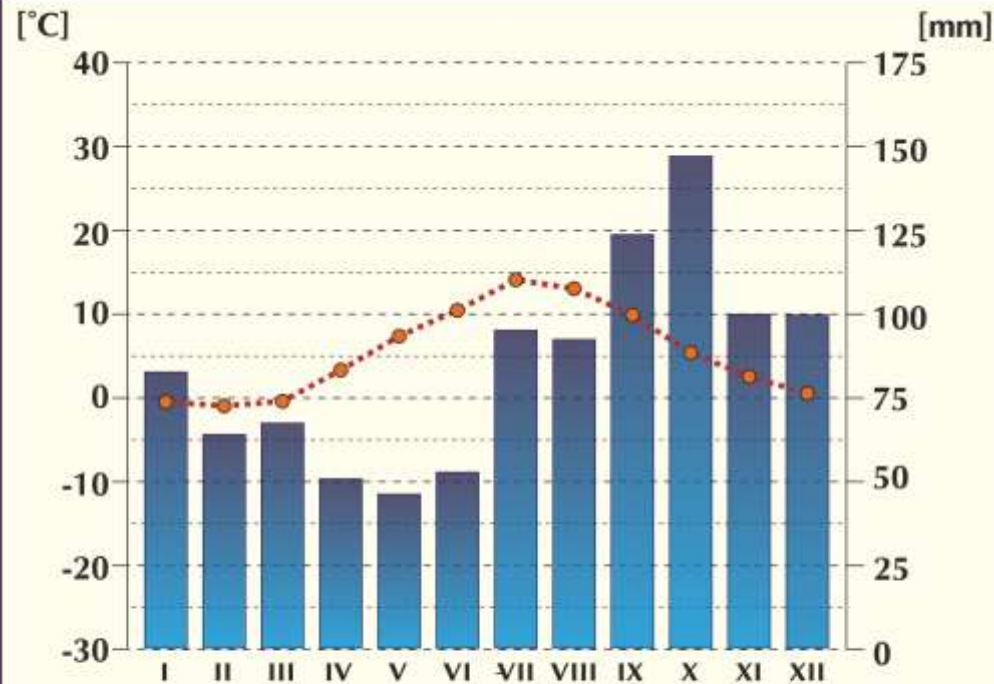
- Prądy morskie także wpływają na zróżnicowanie temperatur:
 - ciepłe prądy morskie oddziałują na wzrost temperatury powietrza,
 - prądy zimne zaś obniżają temperaturę powietrza.

Wpływ prądów morskich na przebieg temperatury powietrza w Bodo (prąd ciepły)

Prądy morskie i średnie temperatury na poziomie rzeczywistym w lipcu



Bodo – Norwegia (67°17'N; 14°24'E)



●●● temperatura
 ■ opady

Średnia roczna temperatura powietrza: 5,4°C
 Średnia roczna amplituda temperatur: 15,5°C
 Suma roczna opadów: 1020 mm
 Suma opadów w półroczu letnim: 565 mm
 Suma opadów w półroczu zimowym: 455 mm



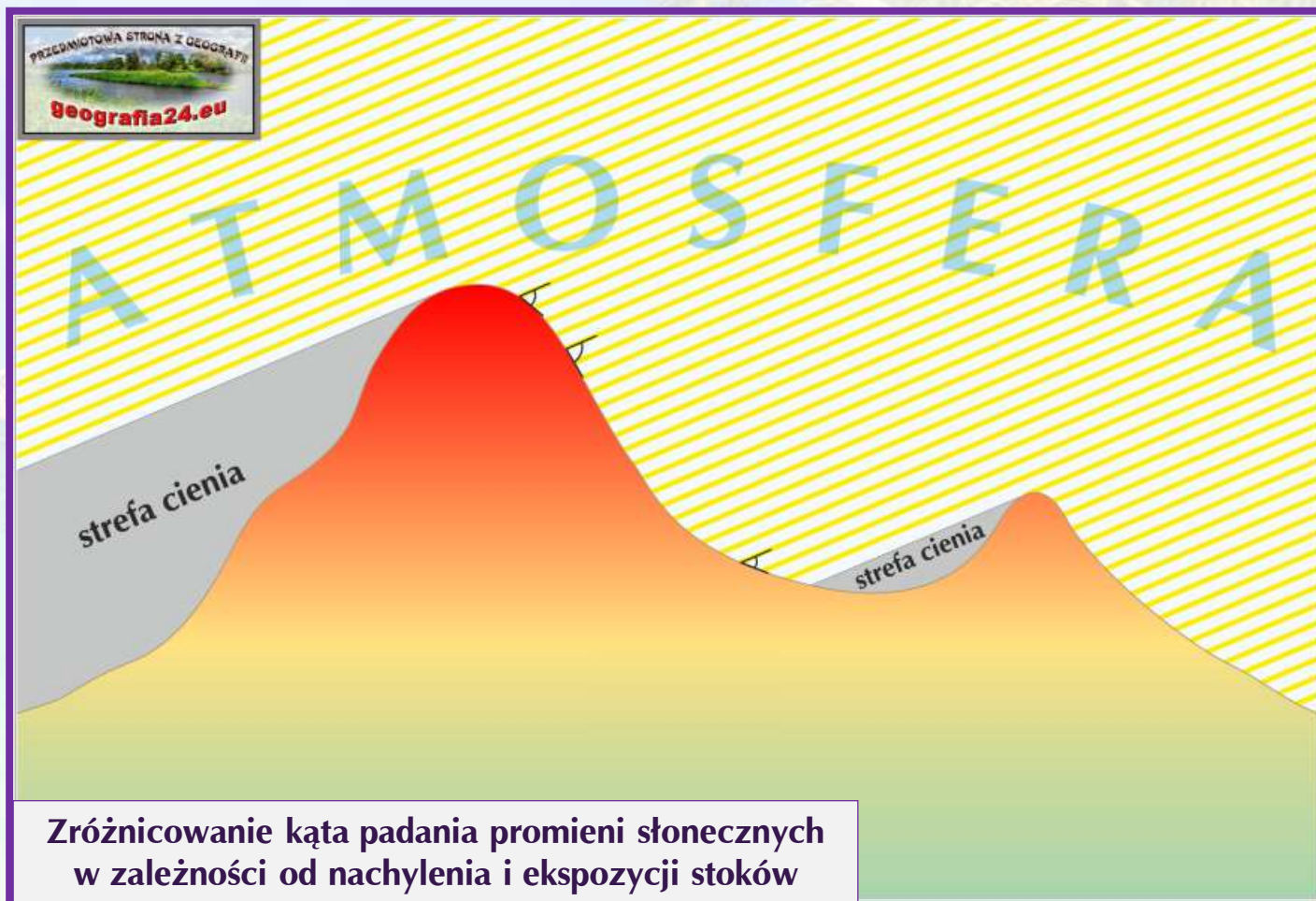
Wpływ **wysokości nad poziomem morza** na temperaturę powietrza

- Wskutek zmian wysokości nad poziomem morza obserwujemy zazwyczaj spadek temperatur powietrza wraz ze wzrostem wysokości bezwzględnych.
 - I tak na Ziemi w troposferze temperatura spada średnio o około $0,65^{\circ}\text{C}$ na każde 100 m wysokości i jest to tzw. **gradient termiczny**.
 - Sytuację w której notujemy wzrost temperatury z wysokością nazywamy **inwersją temperatury**.
 - Z sytuacją tą możemy zetknąć się m.in. na terenach górskich nad którymi zalegają zimne masy powietrza, w czasie napływu górą cieplejszych i wilgotnych mas powietrza (ponad nimi intensywnie będzie oddziaływać Słońce – dodatkowo podgrzewając warstwę nad chmurami), co skutkować będzie istnieniem:
 - warstwy przyziemnej z niższymi temperaturami,
 - warstwy położonej powyżej w której temperatury będą wzrastać do pewnej wysokości.



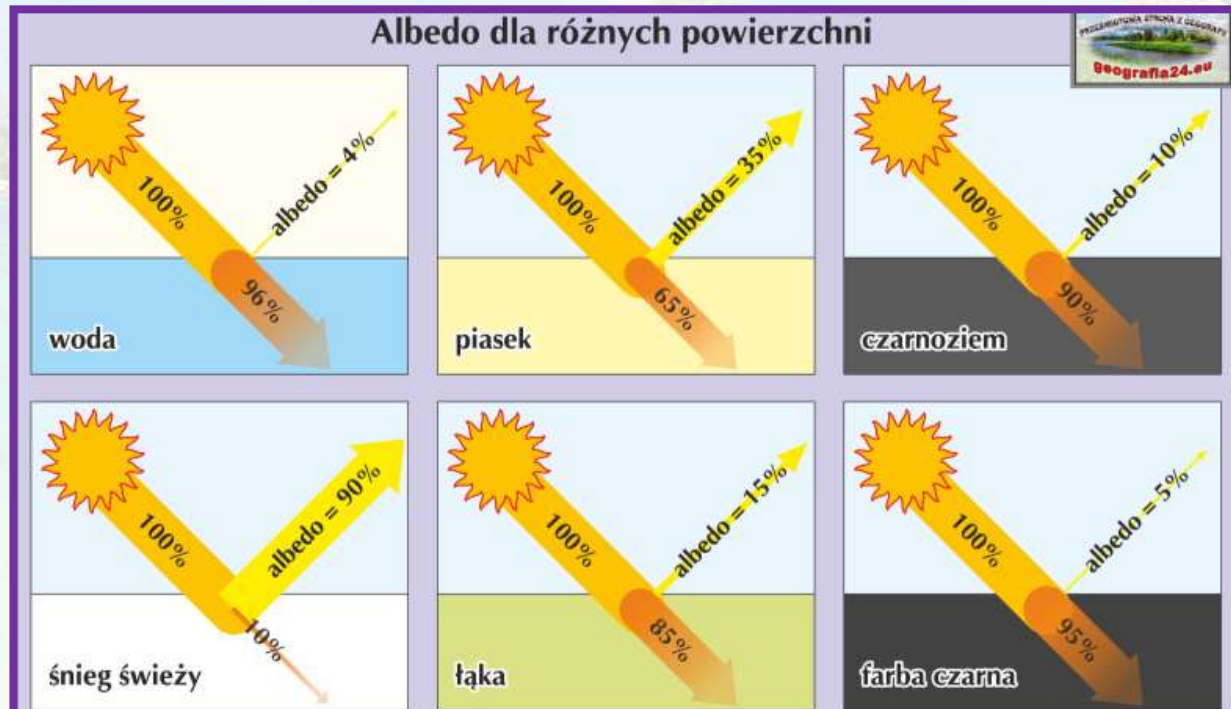
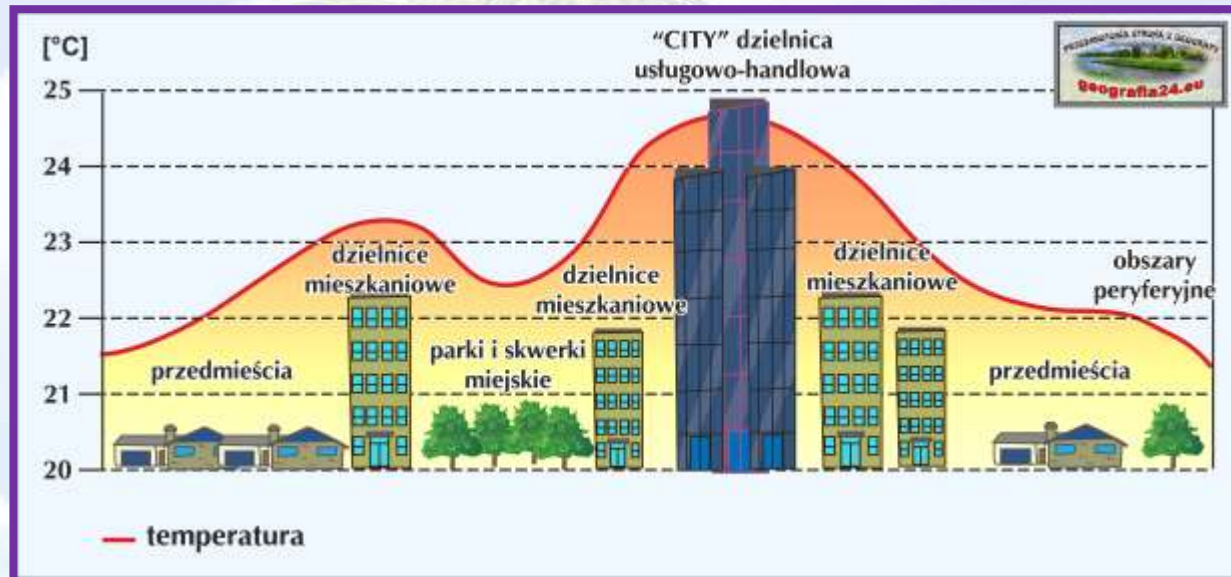
Wpływ rzeźby terenu na temperaturę powietrza

- Rzeźba terenu poprzez zmianę nachylenia i ekspozycji stoków wywiera także wpływ na temperaturę powietrza i tak stoki intensywnie ogrzewane przez Słońce padające na nie pod wysokim kątem otrzymują więcej energii od płaskich terenów równinnych lub stoków na które promienie w ogóle nie docierają w czasie dnia:
 - na półkuli północnej szybciej nagrzewają się obszary o ekspozycji południowej,
 - na półkuli południowej szybciej nagrzewają się tereny o ekspozycji północnej.



Wpływ rodzaju, charakteru podłoża na temperaturę powietrza

- Rodzaj podłoża poprzez swoje główne cechy wpływa na zmiany temperatur zgodnie z zasadą, że:
 - im ciemniejsza jest **barwa powierzchni podłoża**, tym większe jest pochłanianie promieniowania słonecznego i oddawanie ciepła atmosferze,
 - w przypadku naturalnego **pokrycia terenu** w formie kompleksów leśnych w lecie notujemy nieco niższe temperatury, zaś w zimie nieco wyższe,
 - tereny takie wpływają na łagodzenie kontrastów termicznych,
 - na terenach silnie zurbanizowanych przez cały rok notujemy wyższe temperatury powietrza (tzw. miejska wyspa ciepła).



Wpływ **zachmurzenia** na temperaturę powietrza

- Znaczący wpływ na zmiany temperatur powietrza odgrywa także zachmurzenia i tak:
 - w ciągu dnia gęsta pokrywa chmur pochłania znaczną część promieniowania słonecznego, powodując spadek temperatury nad powierzchnią Ziemi,
 - w ciągu nocy gęsta pokrywa chmur działa jak “kołderka” – utrudnia utratę ciepła przez powierzchnię i warstwę powietrza znajdującego się pod nią.



Średnia temperatura miesiąca i roku

- Na podstawie **średnich temperatur dobowych** liczymy **średnią temperaturę miesiąca**,
 - na podstawie **średnich temperatur wszystkich miesięcy** – **średnią temperaturę roku**.
- Na **półkuli północnej**:
 - **najcieplejszymi miesiącami** są:
 - na lądach lipiec, zaś na oceanach sierpień i wrzesień;
 - **najchłodniejszymi miesiącami** są:
 - na lądach styczeń, zaś na oceanach luty i marzec.
 - Wyraźne (zwłaszcza na oceanach) przesunięcie w czasie skrajnych temperatur powietrza w stosunku do okresów największego (najmniejszego) nasłonecznienia jest konsekwencją adwekcji ciepła związanej z ogólną cyrkulacją atmosfery i hydrosfery.



Szerokość geograficzna	Temperatura w °C	
	Półkula PN.	Półkula PD.
90°	-22,0	-33,1
80°	-17,2	-27,0
70°	-10,7	-13,6
60°	-1,1	-3,4
50°	5,8	5,8
40°	14,1	11,9
30°	20,4	18,4
20°	25,3	22,9
10°	26,7	25,3
0°	26,2	26,2

Średnie temperatury roku na różnych szerokościach geograficznych

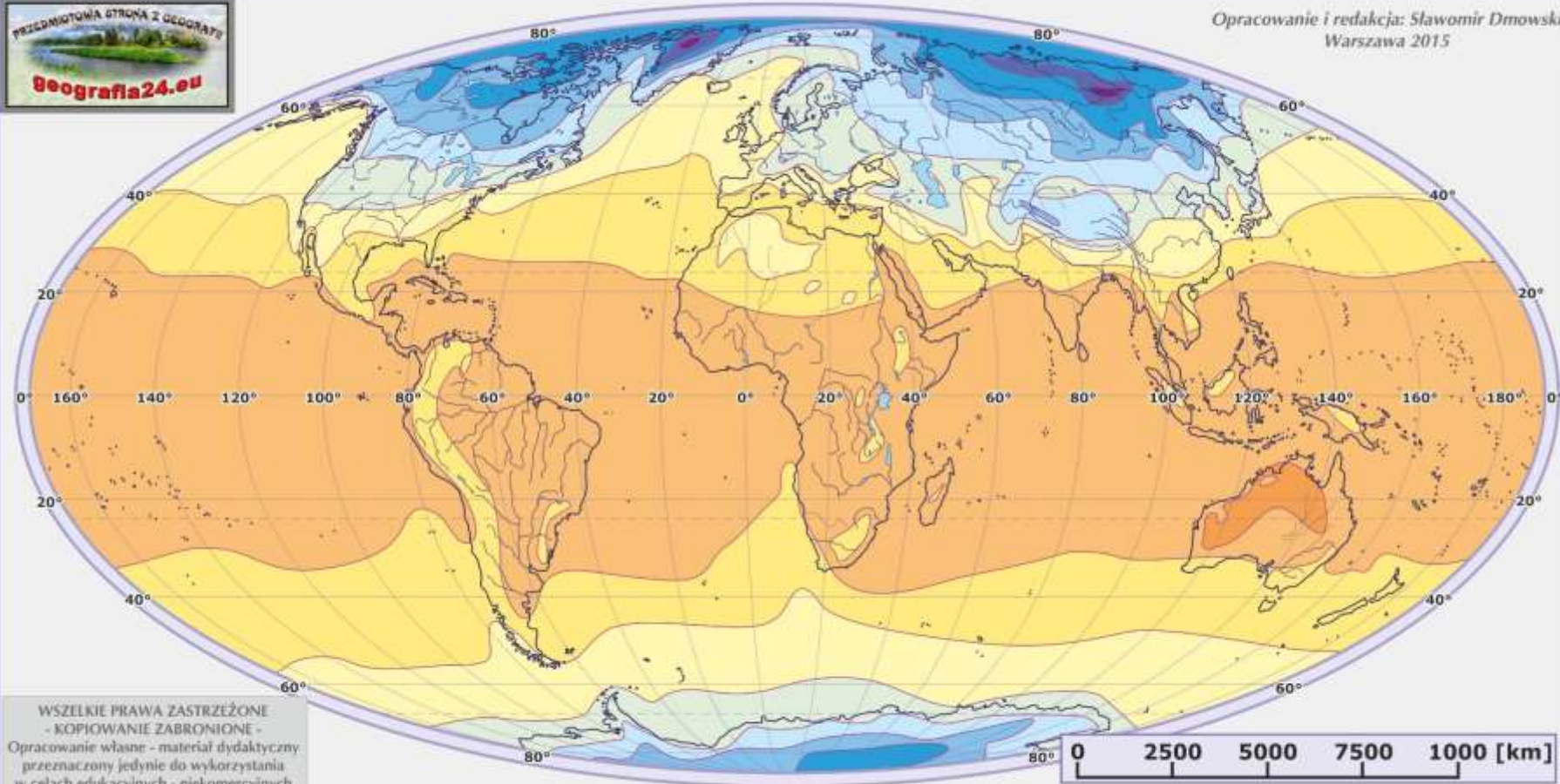
Średnia temperatura powietrza na poziomie rzeczywistym w styczniu

→ W styczniu najniższe średnie temperatury powietrza na poziomie rzeczywistym obserwujemy przede wszystkim na Syberii i w obrębie Grenlandii (nieco wyższe temperatury panują na Antarktydzie – trwa tu dzień polarny).

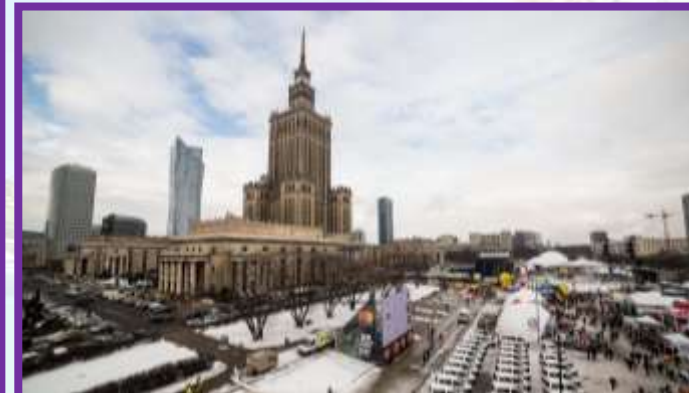
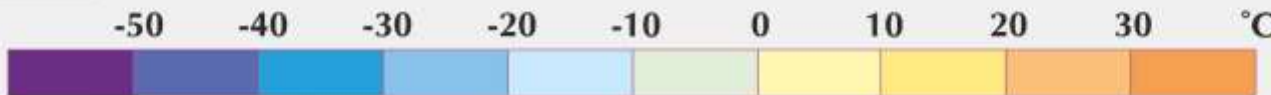
Średnia temperatura powietrza na poziomie rzeczywistym w styczniu



Opracowanie i redakcja: Sławomir Dmowski
Warszawa 2015



WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE
- KOPIOWANIE ZABRONIONE -
Opracowanie własne - materiał dydaktyczny
przeznaczony jedynie do wykorzystania
w celach edukacyjnych - niekomercyjnych



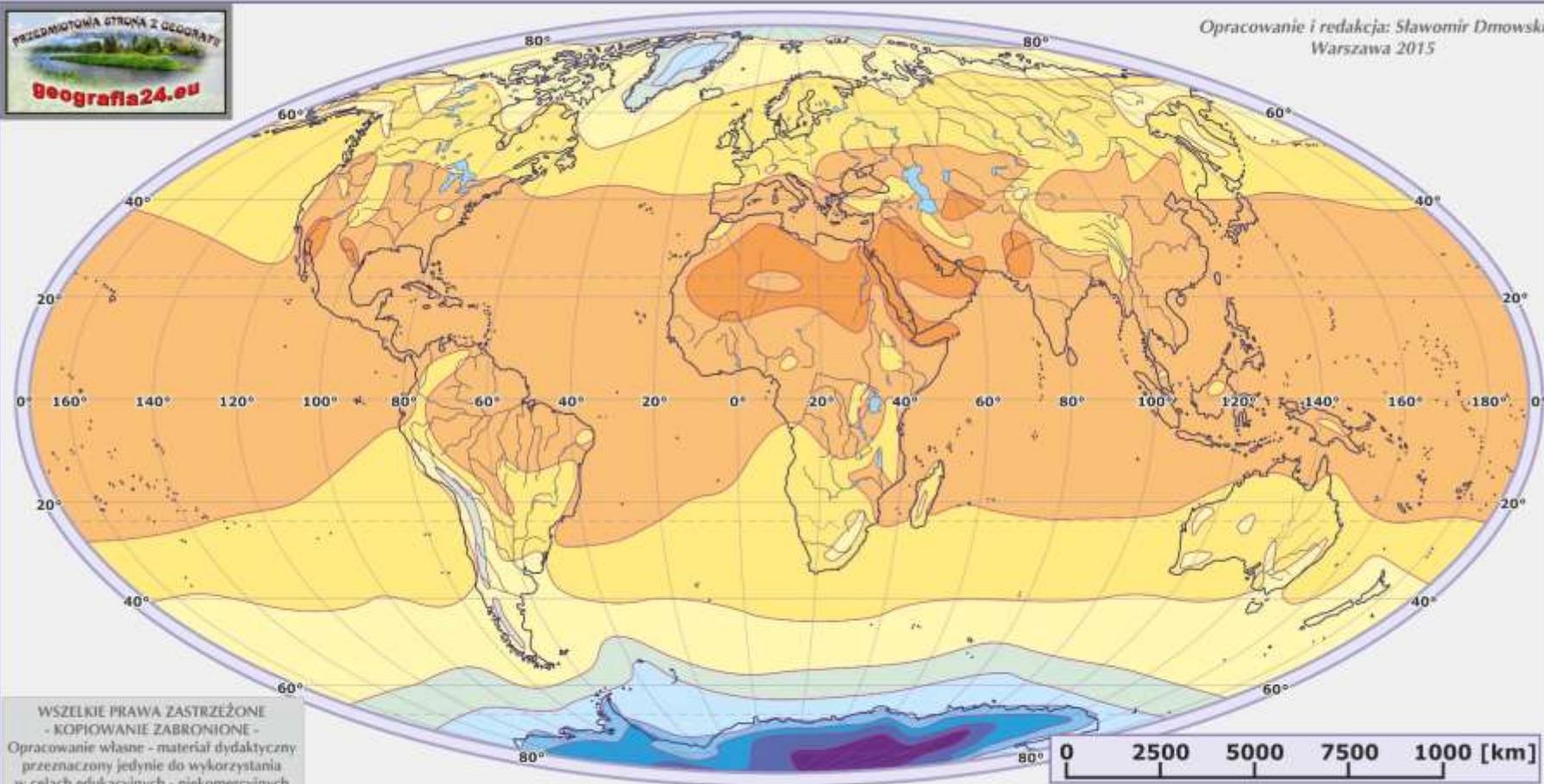
Średnia temperatura powietrza na poziomie rzeczywistym w lipcu

→ W lipcu najniższe średnie temperatury powietrza na poziomie rzeczywistym występują na Antarktydzie (trwa tu noc polarna), zaś najwyższe na Saharze, w Azji Mniejszej oraz w Dolinie Śmierci w USA.

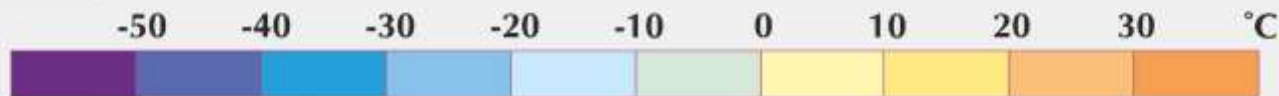
Średnia temperatura powietrza na poziomie rzeczywistym w lipcu



Opracowanie i redakcja: Sławomir Dmowski
Warszawa 2015

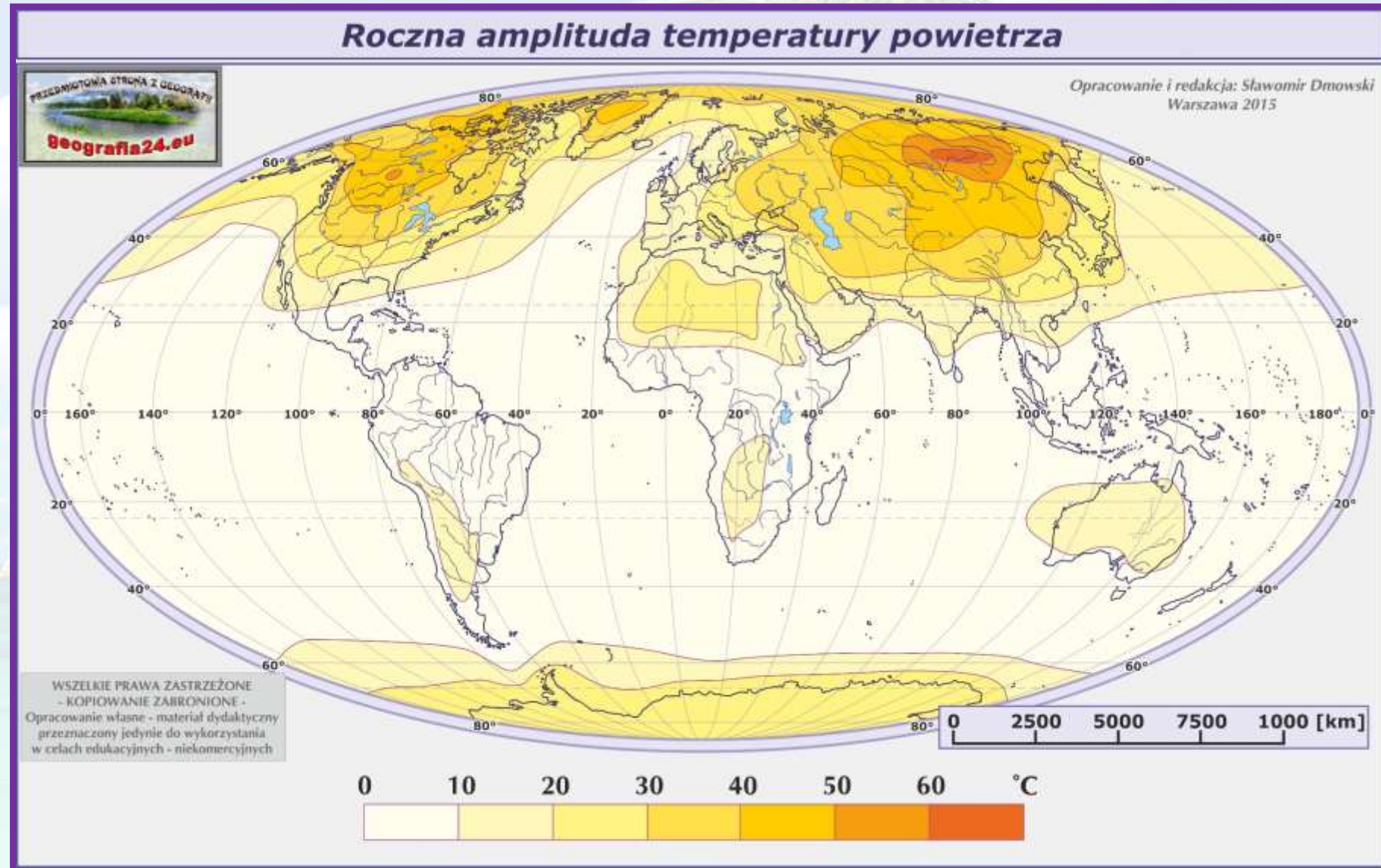


WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE
- KOPIOWANIE ZABRONIONE -
Opracowanie własne - materiał dydaktyczny
przeznaczony jedynie do wykorzystania
w celach edukacyjnych - niekomercyjnych



Roczna amplituda temperatury powietrza

- Różnica pomiędzy średnią temperaturą powietrza w najcieplejszym i najchłodniejszym miesiącu jest **roczną amplitudą temperatury powietrza**.
- Roczne amplitudy zależą od:
 - **szerokości geograficznej**,
 - w zasadzie zwiększają się wraz z nią aż do kół podbiegunowych;
 - **rodzaju podłoża**,
 - na tej samej szerokości geograficznej są zazwyczaj większe nad lądami niż nad oceanami;
 - **wysokości nad poziomem morza**,
 - zmniejszają się wraz ze wzrostem wysokości.



Zadanie 1

Korzystając z danych klimatycznych, można obliczyć średnią roczną temperaturę powietrza oraz roczną amplitudę temperatur powietrza we Włodawie.

Miesiące	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Temperatura [°C]	-2,8	-1,4	2,7	8,6	14,1	17,3	19,2	18,3	13,9	7,9	2,7	-0,8

1. Obliczanie średniej rocznej temperatury powietrza.

-
-
-

2. Obliczanie rocznej amplitudy temperatur powietrza.

-
-
-

Odp. Średnia roczna temperatura powietrza we Włodawie wynosi, zaś roczna amplituda temperatur powietrza

Zadanie 1 – odpowiedź

Korzystając z danych klimatycznych, można obliczyć średnią roczną temperaturę powietrza oraz roczną amplitudę temperatur powietrza we Włodawie.

Miesiące	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Temperatura [°C]	-2,8	-1,4	2,7	8,6	14,1	17,3	19,2	18,3	13,9	7,9	2,7	-0,8

1. Obliczanie średniej rocznej temperatury powietrza.

$$t_{\text{sr.roczna}} = \frac{(-2,8) + (-1,4) + 2,7 + 8,6 + 14,1 + 17,3 + 19,2 + 18,3 + 13,9 + 7,9 + 2,7 + (-0,8)}{12} \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$t_{\text{sr.roczna}} = \frac{99,7}{12} \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$t_{\text{sr.roczna}} = \mathbf{8,3^\circ\text{C}}$$

2. Obliczanie rocznej amplitudy temperatur powietrza.

- najwyższą średnią miesięczną temperaturę powietrza zanotowano w lipcu ($19,2^\circ\text{C}$)
- najniższą średnią miesięczną temperaturę powietrza zanotowano w styczniu ($-2,8^\circ\text{C}$)

$$t_{\text{roczna amplituda}} = \text{max średnia miesięczna} - \text{min średnia miesięczna} \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$t_{\text{roczna amplituda}} = 19,2 - (-2,8) \text{ [}^\circ\text{C]} = \mathbf{22,0^\circ\text{C}}$$

Odp. Średnia roczna temperatura powietrza we Włodawie wynosi $8,3^\circ\text{C}$, zaś roczna amplituda temperatur powietrza $22,0^\circ\text{C}$.

KONIEC



Materiały pomocnicze do nauki
Opracowane w celach edukacyjnych (niekomercyjnych)

Opracowanie i redakcja: *Sławomir Dmowski*
Kontakt: *kontakt@geografia24.eu*

WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE
- KOPIOWANIE ZABRONIONE -